DARSTELLUNG VON LUFTEINSCHLÜSSEN IN MENSCHLICHEN HAAREN

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich - Wilhelms - Universität
zu Bonn

vorgelegt von
SABINE DEY
aus Melsungen

Bonn 1980

DARSTELLUNG VON LUFTEINSCHLÜSSEN IN MENSCHLICHEN HAAREN

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich - Wilhelms - Universität
zu Bonn

vorgelegt von
SABINE DEY
aus Melsungen

Bonn 1980

Angefertigt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der

Rheinischen Friedrich - Wilhelms - Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. med. E. Schwinger

2. Gutachter: Prof. Dr. med. G. Klingmüller

Aus dem Gerichtsmedizinischen Institut der

Universität Bonn

Direktor: Prof. Dr. med. H. Elbel

Druck: Richard Schwarzbold, 5305 Witterschlick bei Bonn

UNIV. LEIDEN BIBL.

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

1. E i n l e i t u n g

1.1. Einführung in die Problematik der vergleichenden Haaruntersuchung

1.2. Historischer Überblick über die Untersuchungen von Lufteinschlüssen in Haaren

1.3. Zielsetzung der Untersuchung

2. E x p e r i m e n t e l l e r T e i l

2.1. Einleitung

2.2. Vorversuch
2.2.1. Untersuchter Personenkreis
2.2.2. Präparate
2.2.3. Technische Ausrüstung
2.2.4. Mikroskopische Betrachtung
2.2.5. Ergebnis
2.2.6. Tabelle I

2.3. Hauptversuch
2.3.1. Zielsetzung
2.3.2. Untersuchter Personenkreis
2.3.3. Präparate
2.3.4. Technische Ausrüstung
2.3.5. Mikroskopische Betrachtung
2.3.6. Aufbau der Tabellen
2.3.7. Ergebnis
2.3.8. Tabellen-Anmerkungen

2.4. Blindversuch
2.4.1. Zielsetzung
2.4.2. Untersuchter Personenkreis
2.4.3. Präparate
2.4.4. Technische Ausrüstung
2.4.5. Mikroskopische Betrachtung
2.4.6. Aufbau der Tabellen
2.4.7. Ergebnis
2.4.8. Tabellen-Anmerkungen

3. D i s k u s s i o n

3.1. Charakterisierung

3.2. Ergebnisse und Fragestellung

3.3. Entstehung von strichförmigen Lufteinschlüssen

3.4. Punktförmige Lufteinschlüsse

3.5. Lufteinschlüsse und Ergrauen

4. Zusammenfassung

5. Literaturverzeichnis

1. Einleitung

1.1. Einführung in die Problematik der vergleichenden Haaruntersuchungen

Das Ziel der forensischen Haaruntersuchung sollte die Zuordnung von aufgefundenen Haarspuren zu einem bestimmten Individuum sein. Häufig werden bei Gewaltverbrechen Haare am Tatort, am Opfer, am Tatverdächtigen oder am Tatwerkzeug gefunden. Es liegt daher nahe, diese als Beweismaterial zu verwerten. Bisher ist jedoch noch keine Möglichkeit zur sicheren Identifikation des Haarträgers gefunden worden, obwohl die bisherigen gerichtsmedizinischen Untersuchungen zu diesem Problem zahlreich sind.

Schwarzacher (1943) warnt vor übereilten Schlußfolgerungen aus vergleichenden Haaruntersuchungen, da nach seinen Berechnungen die Möglichkeit eines Irrtums "bedenklich groß" ist.

Um diese Irrtumsmöglichkeiten darzustellen, soll zunächst ein kurzer Überblick über bisher vollzogene gerichtsmedizinische Haaruntersuchungen gegeben werden. Anschließend sollen Untersuchungen, die sich speziell mit dem Problem der Lufteinschlüsse in Haaren beschäftigen, aufgeführt werden.

Um 1920 wurden die Haare nach makroskopischen Kriterien, nämlich Farb- und Formunterscheidungen, beurteilt. Etwas später befaßten sich v. Hofmanns (1923) und Kratter (1919 und 1921) mit den mikroskopischen Strukturmerkmalen Mark, Rinde und Cuticula. Die hierauf folgenden Querschnittsuntersuchungen (Fujiwara und Kojima 1924; Kochel 1926) sollten exaktere Auskünfte über den Markstrang und die periphere oder zentrale Anordnung des Pigmentes bringen. Ein besonderer Schwer-

punkt der Haaruntersuchungen lag auf der Beurteilung der Cuticula (Sauer 1922, Schröder 1930). Von Lochte (1938) wird später jedoch der Beschaffenheit, Menge und Anordnung des Pigmentes die gleiche Bedeutung beimessen, wie der Beschaffenheit von Cuticula und Markstrang.

1937 sah Boller die Möglichkeit, fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen für die Identifizierung von Haaren zu benutzen. Er stellte fest, daß verschiedenfarbige Haare auch verschiedene Fluoreszenzfarben aufwiesen. Diese Feststellung konnte von E. Pott (1976) bestätigt werden. Mit der Methode der Elektronenaktivierungsanalyse gelang es um 1960, den Gehalt der Spurenelemente einzelner Haarproben exakt zu bestimmen. Ferner erlaubte ein weiteres aus der Immunfluoreszenz abgeleitetes Verfahren im Fluoreszenzmikroskop den Nachweis von angelagerten Körpern, nachdem die Haare Antimenschseren ausgesetzt worden waren (La Cavera 1967). Schließlich erbrachten Untersuchungen mit dem Rasterelektronenmikroskop eindrucksvolle Ergebnisse über die Cuticulastruktur (1971 und 1972).

Zum Schluß sei die Arbeit von S. Berg (1976) "Der Identifizierungswert des menschlichen Haares" erwähnt. Er legt noch einmal zusammenfassend dar, worauf bei der forensischen Untersuchung des menschlichen Haares besonders geachtet werden muß. Zunächst haben für ihn die Kopfhaare einen weit größeren Idividualisierungsgrad als die Körperhaare. Die Möglichkeit einer Identitätsuntersuchung ist gegeben, wenn mehrere Einzelhaare vom Tatort zur Verfügung stehen, und wenn wenigstens je 100 Haare von verschiedenen Kopfstellen der Vergleichsperson untersucht werden können. Eine exakte mikromorpho-

logische Untersuchung sollte einer physiko-chemischen Auswertung vorangeschickt werden. Hierbei mißt Berg der Methode der Neutronenaktivierungsanalyse die größte Bedeutung bei, da ihm selbst bei der Bestimmung von nur 7 Elementen eine einwandfreie Zuordnung möglich war.

Bei der Betrachtung der gerichtsmedizinischen Veröffentlichungen über die vergleichende Haaruntersuchung kann man jedoch feststellen, daß die Kriterien der Haaruntersuchung heute einen objektiveren Charakter erlangt haben als die früherer Untersuchungen, die subjektiv gefärbt waren.

Da sich die vorliegende Arbeit mit Lufteinschlüssen in Haaren befaßt, sollten die Arbeiten, in denen diese Strukturbesonderheit untersucht wurden, eingehender behandelt werden.

1.2. Historischer Überblick über die Untersuchungen von Lufteinschlüssen in Haaren

Bereits 1852 beschreibt Kölliker, daß im frischen Haar das Mark im Schaft silberweiß oder dunkel ist. Dies kommt, so behauptet er, durch rundlich-eckige, je nach der Beleuchtung schwarze (undurchsichtige) oder weiße, glänzende Körnchen zustande, welche er als Luftbläschen bezeichnet. Hier sei kurz erwähnt, daß jedes Luftpartikelchen im Haar bei durchfallendem Licht im Mikroskop dunkel erscheint, bei der Untersuchung mit auffallendem Licht glänzend hell (Waldeyer 1884). Eine genauere Untersuchung erlaubt Kölliker den Schluß, daß die Markzellen rundliche Hohlräume enthalten, in denen diese Luftbläschen sitzen.

Waldeyer (1884) findet nicht nur in der Marksubstanz, sondern auch in der Rindenschicht des Haares Lufteinschlüsse. Er beschäftigt sich intensiv mit der Frage, wo und wie die Luft im Mark des Haares enthalten ist. Er behauptet im Gegensatz zu Kölliker, daß sich die Luft zwischen den einzelnen Markzellen in einem System feinster Kanälchen und enger Spalträume befindet. Ähnliche Beobachtungen machen 1927 Bloch et al, die die Ansicht vertreten, daß der lockere Bau der Markzellen im festgewordenen Haar zu dünnen Querlamellen vertrocknet, zwischen die sich Luft einlagert. Horstmann (1957) beobachtet ebenfalls die Luft zwischen den Zellen des Markes. Die Entstehung dieser interzellulär befindlichen Lufteinschlüsse erklärt Waldeyer sich folgendermaßen: Alle Epidermiszellen sind ohne Ausnahme durch feine, kurze, fadenförmige Fortsätze, sogenannte Riffelfortsätze, untereinander verbunden. Diese bilden schmale Räume, sogenannte Zwischenriffelspalten, welche mit einer die Zellen ernährenden Flüssigkeit angefüllt sind. Brechen nun die Haare nach außen durch und kommen mit der Luft in Berührung, so trocknen sie aus. Die in den Zwischenriffelspalten vorhandene Flüssigkeit verdunstet. An ihre Stelle tritt die atmosphärische Luft, welche von außen zwischen den Oberhautschuppen und den in der Rinde befindlichen Spalten und Poren hindurch bis ins Mark dringt. Er spricht von einem labyrinthischen System feinster Luftkanälchen. Waldeyer zeigt weiterhin, daß bei einzelnen Tierspezies, wie bei Gemsen, Hirschen, Rehen und Steinböcken, die Luft auch im Inneren der Markzellen liegt. Bei dem Austrockungsprozeß schiebt sich diese zunächst zwischen die Riffelfortsätze der Zellen, dringt aber dann durch feine Poren der Zellwände in das Zellinnere hinein. Er beschreibt außerdem, daß man die Luft aus dem Mark verdrängen kann, indem man das Haar in eine Flüssigkeit legt. Läßt man hierauf das

Wasser wieder verdunsten, tritt die Luft aufs neue in den Markzylinder ein. Folglich besteht für ihn kein Zweifel, daß Luft bzw. Flüssigkeit durch beliebige Stellen des unversehrten Haares dringen können; es müssen also feine Poren in allen Haarsubstanzen vorhanden sein. Was die Harrinde betrifft, so bezeichnet er ihre Zwischenriffelspalten als unmeßbar klein, ebenfalls von kleinsten Luftbläschen durchsetzt. Bei der Untersuchung in durchfallendem Licht stellen sie sich als feine, schwarze Pünktchen dar und können leicht mit Pigmentkörnern verwechselt werden. Er findet diese Luftbläschen in der Rinde entweder vereinzelt oder in Gruppen, mal rundlich, mal in Gestalt feiner Striche. Insgesamt mißt Waldeyer somit den Lufteinschlüssen in Mark und Rinde im Hinblick auf die forensische Untersuchung des Haares besondere Bedeutung bei. Daß Luft am Haarschaft zwischen den Schüppchen der Cuticula eindringen und sich zwischen den Rinden- und Markzellen festsetzen kann, wird von v. Eggling, H. et al 1927 bestätigt. Über die Frage, wie Luft in den Markzellen entsteht, konnte jedoch keine Einigkeit erlangt werden. Mayer (1898) hält es im Gegensatz zu Waldeyer für ausgeschlossen, daß die Luft durch die Membran in die Zellen eindringen kann. Vielmehr glaubt er, daß sie in feinverteiltem Zustand in der Substanz der Markzellen vorhanden ist und zu größeren Luftblasen zusammenfließen kann. Er weist genau entgegen den Ergebnissen Waldeyers darauf hin, daß im unteren Haarabschnitt Luft in der Marksubstanz zunächst nur intrazellulär, erst später interzellulär auftritt. Stieda (1909) geht über die Mayer'schen Beobachtungen hinweg und stellt sich auf den Standpunkt, daß Luft nur von außen zwischen und in die Zellen hineinkommt. An sogenannten Ringelhaaren weist Hoepke (1921) nach, daß ein Gas zeitweise schon unmittel-

bar über der Papille entsteht, und daß an den Stellen dieser Gasringe das Haargewebe physikalisch, vielleicht auch chemisch verändert war. Da das von Klincke (1925) chemisch analysierte Gas anders als Luft zusammengesetzt war, konnte es nicht von außen eingedrungen sein. Für das Ringelhaar war damit bewiesen, daß in der Haarwurzel Gas gebildet wird.

Auch Bargmann (1951) beschreibt, daß die Markzellen Gasbläschen enthalten, und daß letztere von den Epithelzellen über der Papille gebildet werden.

In weiteren Literaturstellen wird lediglich über das Auffinden von Lufteinschlüssen in Haaren berichtet, ohne daß jedoch die Frage ihrer Entstehung behandelt wird. So beschreibt O. Höfer (1916), daß in Mark- und Rindensubstanz Luft eingelagert ist. Lochte, Th. (1951) findet im Mark gruppenförmig auftretende, punktförmige Lufträume und Luftspalten. Bei der Untersuchung der Wimpernhaare und Augenbrauenhaare beobachtet er in der Rinde vielfach Luftspalten, und zwar besonders im Wurzelteil dicker Haare. In geringerem Maße findet er Luftspalten in der Rindensubstanz auch in den Nasenhaaren und Kinnbarthaaren älterer Frauen wie der Haare des Handrückens und der Unterarme. Berg, S. (1957) weist darauf hin, daß das Auftreten von Lufteinschlüssen in der Rindensubstanz und deren Form eine Besonderheit ist, welche zur Individualisierung des morphologischen Bildes dienen kann. Seiner Ansicht nach können zudem die prozentrualen Anteile der lufthaltigen gegenüber denen der luftfreien verglichen werden. Auch Ponsold, A. (1967) spricht von Marksträngen, die lufthaltig oder luftfrei sein können. Zu den lufthaltigen Marksträngen bemerkt er, daß ihre Struk-

tur durch den Luftgehalt so überdeckt ist, daß sie als undifferenzierte Säulen erscheinen. Ebenso wie Waldeyer beschreibt er das Gelingen der Luftentfernung durch längeres Einlegen der Haare in eine wässerige Lösung. Bucher, O. (1973) schließlich behauptet, daß eine Marksubstanz, in der häufig Gasbläschen vorhanden sind, nur bei dicken Haaren vorkommt.

Im folgenden möchte ich genauer auf einzelne Arbeiten von Th. Lochte eingehen, die spezifische Experimente mit Haaren beschreiben. 1940 stellt er Untersuchungen an durchrissenen Haaren an, die u.a. ergeben, daß die Rinde des Haares ein streifiges Aussehen zeigt. Er stößt auf reihenweise angeordnete feinste Luftbläschen, teils peripher, teils zentral liegend, oft nur vereinzelt, gelegentlich aber auch dichter zusammenliegend. Die Entstehung dieser Luftbläschen erklärt er sich mechanisch: Er hält es für wahrscheinlich, daß die nebeneinander liegenden Zellketten sich seitlich gegeneinander verschoben unter Teilnehme bereits vorhandener Luftspalten, so daß ein Bild von perlschnurartig angeordneten Luftblasen entstanden ist. 1947 beschäftigt sich Lochte mit Veränderungen an erhitzten Haaren. Im Hinblick auf die Lufteinschlüsse macht er folgende Beobachtungen: Das im Haar vorhandene Wasser verwandelt sich bei Temperaturen bis zu 180° in Dampf, so daß sich die vorhandenen Lufträume des Haares vergrößern; es kommt zur Porenbildung. Je wasserhaltiger das Haar ist, umso stärker die Luftblasenbildung. Bei einer Erhitzung bis zu 210° werden mit steigender Gelbfärbung des Keratins die Luftspalten zahlreicher und größer und nehmen schließlich die Gestalt von Luftbläschen an. Aus diesen Beobachtungen zieht er den Schluß, daß bei Erhitzen des Haares die Gasblasen teils aus präformierten Luft-

räumen in Rinde und Mark entstehen, teils aus der vom Haar absorbierten Luftfeuchtigkeit, teils aus dem Zerfall des Keratins. 1948 gelangt er in seinen Untersuchungen über den Nachweis des Wassers im menschlichen Kopfhaar zu praktisch gleichen Ergebnissen. Er stellt fest, daß wassergesättigte, plötzlich auf 180° erhitzte menschliche Kopfhaare erweiterte Poren und Dampfspalten erkennen lassen. Diese sind bei nur kurzer Temperatureinwirkung reversibel, bei längerer Einwirkung irreversibel.

Er vertritt die Ansicht, daß die Dampfspaltenbildung bei höheren Hitzegraden die Reißfestigkeit des Haares herabsetzt, besonders wenn die Gasbildung durch Zerfall des Keratins bedingt war. Etwas später untersucht Lochte Haare, nachdem sie elektrischen Verletzungen ausgesetzt worden waren. Hier ergaben sich ähnliche Bilder wie bei den oben erwähnten Untersuchungen an erhitzten Haaren. Er beobachtet Porenbildungen, erweiterte Lufträume im Mark, Dampfspalten bei wasserhaltigen Haaren und Vergasung des Keratins. Zum anderen beschäftigt sich Lochte 1948 mit Untersuchungen über die Wege der relativen Luftfeuchte ins Haar. An dem Eindringen von Luft in das Haar läßt er keinen Zweifel, jedoch stellt sich ihm die Frage, auf welchem Wege sich der Vorgang vollzieht. Das Eindringen von Wasser in das Haar kann er unter dem Mikroskop von der Oberfläche aus als hellere Streifen verfolgen. Ob dies auf mikroskopisch feinen Bahnen erfolgt oder allein durch Kontaktwirkung mit dem Wasser, wird jedoch von ihm nicht erklärt. Zu dieser Frage möchte ich auf einige Veröffentlichungen anderer Autoren hinweisen: Reumuth (1937) schließt aus verschiedenen technischen und mikroskopischen Tatsachen auf eine netzig-poröse Struktur der Cuticula und der Subcutis. Diese Angaben werden von Harrison (1938) bestätigt. Müller (1953) sah bei starker Vergrößerung am Rande der einzelnen Cuticulaschuppen Poren

in das Haar ziehen. Er nimmt an, daß auf diesem Wege Feuchtigkeit eindringen kann. Lehmann (1941) stellt fest, daß an gedehnten Haaren ein Luftaustritt erfolgt. Bei 800-facher Vergrößerung und bei einer Dehnung des Haares um 40 % zeigen sich feine Gasbläschen, die zahlreich am freien Rand der oberflächlichen Cuticulazellen hervorperlen. Für ihn ist eindeutig, daß hier Luft entweicht, die nur aus dem Haarmark oder der Rindensubstanz stammen kann. Zum anderen vertritt er die Ansicht, daß sich unter der Cuticulaschicht des Haares eine Haut oder Membran befindet. Diese zeigt eine wechselnde Durchlässigkeit, jenachdem, ob saure oder alkalische Lösungen auf sie einwirken. Diesen Schluß zieht er aus der Praxis der Pelzfärberei, in der das Haar vor einem Färbeprozeß einer alkalischen Vorbehandlung unterzogen wird, damit, wie er sagt, die Poren dieser Membran sich öffnen. Nach Bongards Anschauung (1926) muß man annehmen, daß die Wasseraufnahme sowohl durch Kontaktwirkung als auch gleichzeitig durch Kapillarwirkung vor sich geht.

Lochte schließlich läßt zu der Frage des Eindringens von Wasser bzw. Luft in das Haar genau wie Bongard zwei Möglichkeiten offen: 1. Handelt es sich um eine netzig-poröse Struktur der Epidermismembran, so dringt die Luftfeuchtigkeit von außen durch die Poren der Cuticulazellen und der Epidermismembran und gelangt in die Hohlräume oder Lochbildungen der Rindenzellen. Hierbei gibt sie ihren Wassergehalt an die hydrophilen Zellwände ab. 2. Ist die Epidermismembran aber eine geschlossene Haut, so wirkt sie gewissermaßen als Filter; sie quillt auf und leitet durch Kontakt die Feuchtigkeit weiter zu den Rindenzellen. Die Epidermismembran kann also zum einen einen netzig-porösen Charakter haben, zum anderen als eine geschlossene Haut erscheinen.

Zum Schluß möchte ich noch auf Arbeiten hinweisen, die sich mit dem Ergrauen des menschlichen Haares im Hinblick auf die Lufteinschlüsse befassen. Bereits Waldeyer (1884) ist der Meinung, daß der Luftgehalt des Markes beim Ergrauen eine Rolle spiele. Otto Höfer (1916) versucht, das Ergrauen des menschlichen Haares damit zu erklären, daß das vorhandene Pigment resorbiert werden könnte, und daß zugleich in Mark oder Rinde des Haares eine mehr oder weniger reichliche Ablagerung von Luftbläschen stattfinden konnte. Dies schließt er aus der Tatsache, daß das Haar umso weißer erscheint, je unebener die Oberfläche und je feiner verteilt und zahlreicher der Luftgehalt in Mark- und Rindensubstanz ist. Dieselbe Auffassung vertreten Lochte (1938) und Müller, B. (1953). Beide sind der Meinung, daß sich das Ergrauen aus einem vermehrten Luftgehalt und einer Verminderung bzw. einem Verlust des Pigmentes ergibt. Im Gegensatz hierzu äußert sich Fritjoff Hirsch (1956) folgendermaßen: Die Haarfarbe hängt zwar vom Pigmentgehalt und seiner Verteilung in der Rindenschicht ab, jedoch kann der Effekt durch eingelagerte Luftblasen verändert werden. Die durch Luftblasen auftretende Lichtreflexion kann so stark sein, daß selbst stark pigmentierte Haare silbergrau erscheinen. Keine wesentliche Bedeutung hat das Auftreten von Luftblasen beim Ergrauen des Haares nach Kosugi et al (1937). Dies wird von F. Fleck und M. Fleck (1962) bestätigt. Sie erklären sich das natürliche Ergrauen im Alter damit, daß Melanoblasten oberhalb der bindegewebigen Haarpapille liegen bleiben und zusammen mit dem alten Haar ausgestoßen werden können. Es wird also nicht in Zusammenhang gebracht mit dem Auftreten von Luftbläschen in der Haarsubstanz. Ebenso erbrachte die mikroskopische Betrachtung von Lufteinschlüssen im ungefilterten UV-Licht (E. Schwinger, E. Pott 1976) keine Beziehung zwischen Ergrauen und der Anzahl von Lufteinschlüssen.

1.3. Zielsetzung

Im Anschluß an die Untersuchung menschlicher Kopfhaare im Durchlicht, Auflicht-Fluoreszenzlicht und im kurzwelligen UV-Licht (E. Pott 1976), bei der man mehr zufällig auf Lufteinschlüsse gestoßen war, die sich im kurzwelligen UV-Licht als weiß-bläulich schimmernde Punkte bzw. Striche darstellten, sollen hier die Lufteinschlüsse im Hinblick auf eine mögliche Identifikation untersucht werden. Es soll also überprüft werden, inwieweit das Vorhandensein von Lufteinschlüssen, deren Anzahl und deren Verteilung eine individuelle Erscheinungsform darstellen.

Experimenteller Teil

2.1. Einleitung

Die Untersuchungen auf Lufteinschlüsse in Haaren erfolgte in 3 Arbeitsgängen: einem Vorversuch an 100 Personen, einem Hauptversuch an 12 Probanden aus diesem erstgenannten Personenkreis und einem darauffolgenden Blindversuch an weiteren 6 Probanden ebenfalls aus diesem Personenkreis. Da die Arbeit, wie bereits erwähnt, aus drei Teilversuchen besteht, müssen die normalerweise nacheinanderfolgenden Themen "Material und Methode" und "Ergebnisse" hier etwas überlappt zur Darstellung kommen.

2.2. Vorversuch

2.2.1. Untersuchter Personenkreis

Zunächst war die Aufgabe gestellt, 20 Personen mit Lufteinschlüssen in Haaren ausfindig zu machen. Zu diesem Zweck wurden Kopfhaare von 100 Personen gesammelt. Hierbei handelte es sich um zufällig ausge-

wählte Probanden beiderlei Geschlechts im Alter von 14 bis 65 Jahren. Die Länge der Haare war unterschiedlich, sie reichte von sehr kurz bis sehr lang. Ebenfalls war außer rot jede Haarfarbe vertreten, es fanden sich darüber hinaus getönte und gefärbte Haare darunter. Eine besondere Farbauswahl wurde nicht getroffen.

2.2.2. Präparate

Im Vorversuch wurden nur Kopfhaare untersucht. Die Personen wurden gebeten, die Haare mit der Wurzel auszuziehen. Die Lufteinschlüsse sollten in Wurzelnähe betrachtet werden, um bereits hier schon eine möglichst hohe Vergleichbarkeit der Einzelergebnisse zu erreichen. Die Haare wurden ohne jede Vorbehandlung präpariert. Es war wichtig, daß das Haar straff gespannt war, da es sich sonst bei Verwendung von Ölimmersion bewegt hätte. In diesem Fall wäre 1. keine quantitative Beurteilung der Lufteinschlüsse an einer bestimmten Stelle möglich gewesen, 2. hätte die Fotografie im Mikroskop zu Unschärfen geführt. Dies machte folgende Art der Präparation notwendig: Zunächst wurde auf den linken seitlichen Rand des Objektträgers ein Tropfen Eukitt geträufelt, die Wurzel des Haares darauf gelegt und mit einem Deckgläschen fixiert. Das Eukitt mußte eine Nacht trocknen. Sodann konnte das Haar straffgezogen werden und auf der anderen Seite des Objektträgers ebenfalls mittels Eukitt und eines Deckgläschens fixiert werden.
Auf Eindeckmittel und Eindeckgläser wurde verzichtet, da Eindeckmittel störende Reflexe hervorrufen oder mitfluoreszieren können und Eindeckgläser die Abbildungsqualität beeinträchtigen können.

2.2.3.Technische Ausrüstung

Die Untersuchungen wurden unter Verwendung eines Zeiss-Axiomat-Auflicht-Mikroskops durchgeführt. Als Lichtquelle diente eine H B O 100-Quecksilberlampe, als

Erregerfilter wurde die Filterkombination BP 436/KP 500 benutzt, die Kantenlänge des Sperrfilters lag bei 500 nm. Die Lufteinschlüsse wurden im kurzwelligen UV-Licht betrachtet, dazu mußte das Sperrfilter entfernt werden. Die lichtmikroskopische Betrachtung erfolgte im herkömmlichen Durchlicht.

2.2.4. Mikroskopische Betrachtung

Es wurde jeweils ein Kopfhaar einer Person untersucht. Die Haare wurden ca. 4 cm von der Wurzel entfernt kurz im Lichtmikroskop betrachtet. Dann wurden sie genauer im kurzwelligen UV-Licht auf das Vorhandensein von spaltförmigen Lufteinschlüssen in der Haarrinde und von punktförmigen Lufteinschlüssen in der äußersten Haarschicht untersucht.

2.2.5. Ergebnis

Im kurzwelligen UV-Licht waren die Lufteinschlüsse ebenso wie der lufthaltige Markstrang sehr gut auf dem dunkel-violetten Hintergrund der übrigen Haarsubstanz zu erkennen. Sie stellten sich als hell-bläulich-weißleuchtende Bezirke dar. Im herkömmlichen Durchlicht war es schwer möglich, die punktförmigen Lufteinschlüsse von den Pigmenten zu unterscheiden. Dahingegen waren die strichförmigen Lufteinschlüsse im Lichtmikroskop relativ gut zu sehen. Entgegen der Erwartung, daß Lufteinschlüsse ein relativ seltenes Charakteristikum von Haaren sind, zeigte sich, daß außer einer Person alle 100 Probanden Lufteinschlüsse aufwiesen. Unterschiede wurden zum einen in der Anzahl, zum anderen in der Art der Lufteinschlüsse festgestellt. So waren bei 25 Personen nur punktförmige, bei 2 Personen nur strichförmige und bei den restlichen 72 Personen sowohl strich- als auch punktförmige Luftein-

schlüsse zu finden. Ihre quantitative Verteilung soll in der folgenden Tabelle deutlich gemacht werden, wobei nicht exakt ausgezählt wurde, sondern grob unterschieden wurde zwischen sehr vielen (+++), vielen (++), wenigen (+) und überhaupt keinen (---).

TABELLE I

Tabellarische Auflistung der Untersuchungsergebnisse von 100 mikroskopierten Haaren nach Art und Anzahl der Lufteinschlüsse; Unterscheidung zwischen punkt- und strichförmigen und zwischen sehr vielen (+++), vielen (++), wenigen (+) und überhaupt keinen (---) Lufteinschlüssen:

Punktf. Lufteinschl.	Strichf. Lufteinschl.	Haare in %
+++	---	7
++	---	15
+	---	3
+++	+++	16
++	++	13
++	+++	18
+	+++	10
+++	++	5
+++	+	3
+	++	3
+	+	1
---	+++	1
---	+	1
---	---	1

2.3. Hauptversuch

2.3.1. Zielsetzung

Das Ergebnis der Voruntersuchung ermöglichte eine Aufteilung der untersuchten Personen in vier verschiedene Gruppen, nämlich in solche, die 1. nur punktförmige, 2. nur strichförmige, 3. sowohl strich- als auch punktförmige, 4. überhaupt keine Lufteinschlüsse in ihren Kopfhaaren aufwiesen. Im Hauptversuch sollte nun mit Hilfe einzelner Repräsentanten dieser Gruppen überprüft werden, ob diejenigen Merkmale, die in der Voruntersuchung bezüglich Quantität und Qualität der Lufteinschlüsse festgestellt worden waren, als typische individuelle Charakteristika angesehen werden konnten.

2.3.2. Untersuchter Personenkreis

Aus der Gruppe der 100 bereits untersuchten Personen wurden nochmals Haare von 12 Probanden betrachtet. Hierbei handelte es sich um 6 Männer und 6 Frauen im Alter von 22 bis 65 Jahren, von denen im Vorversuch bei 5 Personen nur punktförmige Lufteinschlüsse, bei weiteren 5 Personen sowohl strich- als auch punktförmige, bei einer Person nur strichförmige und bei einer Person schließlich überhaupt keine Lufteinschlüsse gefunden worden waren.

2.3.3. Präparate

Für die mikropskopische Betrachtung wurden jeweils 2 Schamhaare und 6 Kopfhaare verwandt. Die Kopfhaare wurden an drei verschiedenen Stellen ausgezogen, und zwar jeweils 2 seitlich in Höhe des Ohres und 2 aus der Kopfmitte. Jedes Haar sollte an 3 verschiedenen Punkten untersucht werden, nämlich 2 cm von der Haarwurzel entfernt, 2 cm von der Haarspitze entfernt und genau in der Haarmitte. Dies bereitete bei der Präparation einige Schwierig-

keiten; das Haar mußte gestückelt werden, und so waren oftmals für ein Haar 2 oder 3 Objektträger nötig. Ansonsten erfolgte die Präparation genau wie im Vorversuch. Die Schamhaare wurden vorher mit einem in Alkohol getauchten Tuch gereinigt.

2.3.4. Technische Ausrüstung

s. Vorversuch

(genaue Ausführung unter 2.2.3.)

2.3.5. Mikroskopische Betrachtung

Die Lufteinschlüsse wurden im kurzwelligen UV-Licht an den oben genannten Stellen untersucht, wobei je 3 Gesichtsfelder betrachtet wurden. Es wurde versucht, die Quantität der Lufteinschlüsse zu bestimmen, was eine wesentlich genauere Betrachtung als im Vorversuch erforderte. Die Auszählung war mit einigen Schwierigkeiten verbunden, da sich die Lufteinschlüsse der einzelnen Haarschichten überlappt darstellten. Die Zahlen sollen somit nur als möglichst genaue Annäherungswerte angesehen werden.

2.3.6. Aufbau der Tabellen

Für die Auswertung wurde die Anzahl der ausgezählten Lufteinschlüsse an den verschiedenen Stellen des einzelnen Haares in Tabellen eingetragen. Die Tabellen wurden

so angelegt, daß jeweils 2 Haare von 3 Personen auf einem Blatt erschienen. Vertikal wurden die untersuchten Haarstellen für jedes Haar aufgetragen, nämlich: Wurzel-Mitte-Spitze, Wurzel - Mitte - Spitze usw. Die horizontale Auftragung zeigt, von welcher Körperstelle das Haar entnommen wurde. Bei den ersten 3 Haaren handelt es sich um Kopfhaare, entnommen von der Kopfmitte, der rechten und der linken Seite in Höhe des Ohres; bei dem 4. Haar handelt es sich um ein Schamhaar. Schließlich wurde horizontal zwischen punkt- und strichförmigen Lufteinschlüssen unterschieden.

2.3.7. Ergebnis

Bei 70 von 72 Kopfhaaren zeigte sich folgender Befund: In Wurzelnähe waren immer sowohl punkt- als auch strichförmige Lufteinschlüsse vorhanden. Die punktförmigen Lufteinschlüsse waren weiterhin in der Mitte des Haares und in Spitzennähe zu finden, während die Zahl der strichförmigen Lufteinschlüsse zur Spitze hin abnahm. Dies zeigte sich besonders deutlich bei längeren Haaren, wo nämlich weder in der Mitte noch in der Haarspitze strichförmige Lufteinschlüsse zu sehen waren. Dieser Befund zeigte sich bei Betrachtung der Schamhaare nur in 5 Fällen. Ansonsten konnte hier kein einheitliches Ergebnis gefunden werden. Die quantitative Verteilung der Lufteinschlüsse ließ keine Regelmäßigkeit erkennen. Die Anzahl der Lufteinschlüsse in den 8 Haaren einer Person war sehr unterschiedlich, ebenso die Anzahl der Lufteinschlüsse an den 3 verschiedenen Stellen eines Haares. Das Ergebnis ist aus Tabelle II und III deutlich erkennbar. Es ist nicht notwendig, die Ergebnisse aller untersuchten Personen aufzuzeigen, da die o.g. Tabellen beispielhaft auch für die Befunde, die an den übrigen Haaren erhoben wurden, stehen.

2.3.8. Tabellen-Anmerkungen

Bei dem ersten Beispiel (Tabelle II) handelt es sich um schulterlange Haare. Man sieht hier ganz deutlich die Abnahme der strichförmigen Lufteinschlüsse zur Spitze hin. In Wurzelnähe konnten strichförmige Lufteinschlüsse ausgezählt werden, während in der Haarmitte und in der Haarspitze jedes Kopfhaares keine strichförmigen Lufteinschlüsse mehr aufzufinden waren. Dieses Phänomen zeigt sich, wie bereits gesagt, bei den Kopfhaaren, während bei den Schamhaaren an jeder besagten Stelle strichförmige Lufteinschlüsse zu finden waren. Punktförmige Lufteinschlüsse waren an jeder untersuchten Stelle jedes Haares zu erkennen. Im Gegensatz hierzu fanden sich bei den Kopfhaaren im zweiten Beispiel (Tabelle III), die etwa bleistiftlang waren, die strichförmigen Lufteinschlüsse nicht nur in Wurzelnähe, sondern in 4 Fällen außerdem in der Mitte des Haares und in einem Fall auch in der Haarspitze. Der Trend der Abnahme der strichförmigen Lufteinschlüsse zur Spitze hin ist jedoch auch hier deutlich zu erkennen. Die Schamhaare wiesen genau wie im ersten Beispiel an allen untersuchten Stellen strichförmige Lufteinschlüsse auf. Was die punktförmigen Lufteinschlüsse betrifft, so entspricht das Ergebnis ebenfalls dem des ersten Beispiels mit Ausnahme eines Haares, bei dem in der Haarspitze keine punktförmigen Lufteinschlüsse zu finden waren.

2.4. Blindversuch

2.4.1. Zielsetzung

Nachdem im Hauptversuch schon bei den ersten Haaren herausgefunden wurde, daß die Anzahl der strichförmigen Lufteinschlüsse zur Spitze hin abnahn, bestand die Gefahr der subjektiven Auszählung bei den nachfolgend

zu betrachtenden Haaren insofern, als von vornherein ganz bestimmte Ergebnisse erwartet wurden. Um diese psychologische Komponente bei der Untersuchung auszuschalten, sollte nun in einem Blindversuch die Richtigkeit der sich aus dem Hauptversuch ergebenden Hypothese nachgewiesen werden.

2.4.2. Untersuchter Personenkreis

Es wurden nochmals aus der Gruppe der 100 Personen Haare von 6 Probanden betrachtet. Da sich im Hauptversuch die Abnahme der strichförmigen Lufteinschlüsse zur Spitze hin besonders deutlich bei längeren Haaren gezeigt hatte, handelte es sich bei dem untersuchten Personenkreis um nur 2 Männer und 4 Frauen im Alter von 24 bis 60 Jahren. Im Hinblick auf die im Vorversuch herausgefundenen Gruppen ist zu bemerken, daß sich unter den 6 Probanden 2 mit nur punktförmigen, 3 mit punkt- und strichförmigen und 1 mit nur strichförmigen Lufteinschlüssen befanden.

2.4.3. Präparate

Genau wie im Hauptversuch sollten jeweils 6 Kopfhaare und 2 Schamhaare betrachtet werden. Die Präparation erfolgte in der im Vor- und Hauptversuch beschriebenen Weise. Die Objektträger wurden von einer zweiten Person neu durchnumeriert, so daß der Betrachter beim Mikroskopieren nie wußte, um welche Stelle des Haares es sich gerade handelte, also ob er die Wurzel, die Mitte oder die Spitze eines Haares auf Lufteinschlüsse auszählte.

2.4.4. Technische Ausrüstung

s. Vorversuch

(genaue Ausführung unter 2.2.3.)

2.4.5. Mikroskopische Betrachtung

Die Lufteinschlüsse wurden im kurzwelligen UV-Licht an den oben genannten Stellen untersucht, wobei je 3 Gesichtsfelder betrachtet wurden. Es wurde versucht, die Quantität der Lufteinschlüsse zu bestimmen, was eine wesentlich genauere Betrachtung als im Vorversuch erforderte. Die Auszählung war mit einigen Schwierigkeiten verbunden, da sich die Lufteinschlüsse der einzelnen Haarschichten überlappt darstellten. Die Zahlen sollen somit nur als möglichst genaue Annäherungswerte angesehen werden.

2.4.6. Aufbau der Tabellen

Für die Auswertung wurde die Anzahl der ausgezählten Lufteinschlüsse an den verschiedenen Stellen des einzelnen Haares in Tabellen eingetragen. Die Tabellen wurden so angelegt, daß jeweils 2 Haare von 3 Personen auf einem Blatt erschienen. Vertikal wurden die untersuchten Haarstellen für jedes Haar aufgetragen, nämlich: Wurzel - Mitte - Spitze, Wurzel - Mitte - Spitze usw. Die horizontale Auftragung zeigt, von welcher Körperstelle das

Haar entnommen wurde. Bei den ersten 3 Haaren handelt es sich um Kopfhaare, entnommen von der Kopfmitte, der rechten und der linken Seite in Höhe des Ohres; bei dem 4. Haar handelt es sich um ein Schamhaar. Schließlich wurde horizontal zwischen punkt- und strichförmigen Lufteinschlüssen unterschieden.

2.4.7. Ergebnis

Der Blindversuch konnte das im Hauptversuch herausgefundene Ergebnis bestätigen. Alle Haare zeigten eine deutliche Abnahme der strichförmigen Lufteinschlüsse zur Spitze hin mit Ausnahme eines Haares, das aber relativ kurz war. Die Ergebnisse sind aus den Tabellen IV und V ersichtlich, die repräsentativ für alle anderen Beispiele des Blindversuches sein sollen.

2.4.8. Tabellen-Anmerkungen

Das Ergebnis des ersten Beispiels (Tabelle IV),bei dem es sich um schulterlange Kopfhaare handelt, entspricht dem des ersten Beispiels im Hauptversuch. Dagegen zeigt sich im Blindversuch bezüglich der Schamhaare ein unterschiedliches Bild zum Hauptversuch. Nur ein Schamhaar weist hier in Wurzelnähe strichförmige Lufteinschlüsse auf, während an den anderen untersuchten Stellen kein aufzufinden waren. Punktförmige Lufteinschlüsse waren an jeder untersuchten Stelle jedes Haares zu erkennen. Die Haare des zweiten Beispiels (Tabelle V) waren sehr kurz. Es zeigt sich hier zwar auch eine Abnahme der strichförmigen Lufteinschlüsse zur Spitze hin, jedoch waren außer bei einem Kopfhaar an allen untersuchten Stellen strichförmige Lufteinschlüsse zu finden; bei dem erwähnten Einzelfall waren die strichförmigen Lufteinschlüsse nur in Wurzelnähe und Haarmitte zu erkennen. Zusätzlich ergibt sich im zweiten Beispiel eine bemerkenswerte Ab-

weichung von der Übereinstimmung der ermittelten Ergebnisse: ein Kopfhaar unter den insgesamt 18 untersuchten Kopfhaaren im Blindversuch weist nämlich in Wurzelnähe 135, in der Haarmitte nur 50 und in der Haarspitze wiederum 100 strichförmige Lufteinschlüsse auf. Zu den Schamhaaren ist zu sagen, daß sie eine eindeutige Abnahme der strichförmigen Lufteinschlüsse zur Spitze hin erkennen lassen; sie finden sich jeweils nur in Wurzelnähe. Punktförmige Lufteinschlüsse waren an jeder Stelle jedes untersuchten Haares zu erkennen.

3. Diskussion

3.1. Charakterisierung

Bei der mikroskopischen Betrachtung der Haare im kurzwelligen UV-Licht stellten sich die Lufteinschlüsse als hell-bläulich-weiß leuchtende Bezirke vor dem homogen dunkel-violetten Hintergrund dar. Daß es sich bei den spaltförmigen und punktförmigen Strukturen um Lufteinschlüsse handeln muß, ergibt sich aus folgender Tatsache: Diese Strukturen weisen die gleichen Kriterien auf wie bestimmte Abschnitte des Markstranges, deren Lufthaltigkeit im Lichtmikroskop als erwiesen gilt. Die Frage, wie es zu dieser hell-bläulich-weißen Färbung kommt, konnte bisher nicht geklärt werden. Um Fluoreszenz dürfte es sich hierbei nicht gehandelt haben, da die Farbe dieser lufthaltigen Strukturen im Gegensatz zur echten Fluoreszenz auch nach stundenlanger Bestrahlung mit UV-Licht nicht ausbleicht (E. Pott 1976). Denkbar könnte eine Beugung oder Brechung des UV-Lichtes an den Grenzen der Lufteinschlüsse als Ursache für die Färbung sein. Dies läßt sich jedoch mit den derzeitigen Erkenntnissen über die Struktur der Lufteinschlüsse nicht eindeutig beweisen.

3.2. Ergebnisse und Fragestellung

Die genauere Betrachtung der Lufteinschlüsse wurde im Hinblick auf ihre Anzahl an je 3 verschiedenen Stellen, nämlich in Wurzelnähe, in der Mitte und an der Spitze des Haares vollzogen. Dies wurde zunächst in einem Versuch an 12 Probanden, darauf in einem Blindversuch an weiteren 6 Personen durchgeführt. Es zeigte sich, daß die punktförmigen Lufteinschlüsse der äußersten Haarschicht an allen 3 besagten Stellen des Haares vorhanden waren, ohne einer bestimmten Gesetzmäßigkeit zu unterliegen. Die strichförmigen Lufteinschlüsse in der Rinde jedoch wiesen eine eindeutige Tendenz der Abnahme zur Spitze hin auf, und dies umso deutlicher, je länger das Haar war. Die im Blindversuch beschriebene Abweichung eines Haares von der Übereinstimmung der ermittelten Ergebnisse könnte man als Folge der besonderen Kürze dieses Haares beschreiben. Es stellt sich nun die Frage, wie dieser quantitative Unterschied zwischen den strichförmigen und punktförmigen Lufteinschlüssen an den besagten Stellen des Haares zu deuten ist, und warum es zu dieser augenscheinlichen Abhängigkeit der jeweiligen Anzahl der strichförmigen Lufteinschlüsse von der Länge des einzelnen Haares kommt. Die genaue Kenntnis über die Entstehung der Lufteinschlüsse könnte sicherlich einen Hinweis zur Klärung dieser Frage liefern, jedoch konnten die Ursachen für die Entstehung von Lufteinschlüssen bisher nicht eindeutig geklärt werden.

3.3. Entstehung von strichförmigen Lufteinschlüssen

Aus der Literatur ist ersichtlich, daß zur Entstehung der Lufteinschlüsse mehere unterschiedliche Theorien existieren. Waldeyer behauptet, wie bereits genau beschrieben, daß sich in der Mark- und Rindensubstanz ein System von sogenannten flüssigkeitshaltigen Zwischen-

riffelspalten befindet. Dieses soll sich beim Durchbrechen der Haare nach außen in ein labyrinthisches System feinster Luftkanälchen verwandeln, und zwar dadurch, daß die Flüssigkeit verdunstet und an ihre Stelle atmosphärische Luft tritt. Daß Luft von außen in das Haar eindringt, wird von Stieda, Lochte und Brauckhoff bestätigt. Die Tatsache, daß die strichförmigen Lufteinschlüsse immer in Längsrichtung aufzufinden sind, läßt E. Pott zwei weitere Möglichkeiten für die Entstehung von Lufteinschlüssen vermuten. Zum einen könnten die primären Luftspalten während des Haarwachstums entstehen. Die älteren Epithelzellen werden während der Epithelzellvermehrung zur Peripherie gedrängt, wobei kleinere Spalten oder Risse entstehen können. Zum anderen könnte eine Zellverschiebung beim Durchtreten des Haares durch die Haut stattfinden.

Diese Vermutungen decken sich in etwa mit Versuchen Lochtes (1940),aus denen ein Zusammenhang zwischen mechanischen Vorgängen und dem Auftreten von Lufteinschlüssen ersichtlich ist.Auch diese Theorien setzen ein Eindringen von Luft in das Haar voraus. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit werfen nun aber die Frage auf, aus welchem Grunde an der Mitte und an der Spitze eines Haares weniger bzw. an der Mitte und der Spitze eines sehr langen Haares überhaupt keine Luft mehr in die Harrinde eingedrungen sein sollte, während gleichzeitig die Marksubstanz und die äußere Haarschicht weiterhin Lufteinschlüsse aufweisen. Eine Erklärung hierfür könnte sein, daß die Spalten der Rinde, die durch die oben genannten mechanischen Vorgänge im Bereich der Haarwurzel entstanden sind, durch Dehnung oder Zug im Verlauf eines Haares wieder verschwinden. Die Marksubstanz würde von dieser Veränderung nicht betroffen sein, da ihre Lufteinschlüsse jeweils einen viel größeren Raum einnehmen; bei den Luftein-

schlüssen in der äußersten Haarschicht müßte es sich dann um kleinste Poren handeln (auf Letzteres werde ich später noch genauer eingehen). Diese Erklärung ließe die Theorie der zitierten Autoren über die Entstehung der Lufteinschlüsse mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit in Einklang bringen. Andererseits gibt es Autoren, die das Eindringen von Luft in das Haar stark in Zweifel ziehen. Mayer (1898) glaubt, daß Luft in fein verteiltem Zustand in der Substanz der Markzellen vorhanden ist und zu größeren Luftblasen zusammenfließen kann. Die Frage jedoch, wie die Luft dorthin gelangt bzw. dort entsteht, läßt er offen. Hoepke und Klincke beweisen, allerdings nur für das Ringelhaar, daß in der Haarwurzel Gas gebildet wird. Auch Bargmann beschreibt, daß das Gas von den Epithelzellen über der Papille gebildet wird. Wiederum stellt sich die Frage nach dem Zusammenhang zwischen der hier erläuterten Möglichkeit zur Entstehung von Lufteinschlüssen und der Tatsache, daß die Anzahl der strichförmigen Lufteinschlüsse in der Rinde zur Spitze hin abnimmt. Auch hier ist es schwerlich erklärbar, warum Luft, die in der Haarwurzel selbst gebildet wird, im Verlaufe eines Haares zur Spitze hin allmählich wieder entweichen sollte, und die ausschließlich aus der Rinde, weder aus der Marksubstanz noch aus der äußersten Haarschicht. Zur Beantwortung auch dieser Frage könnte ebenfalls eine mechanische Erklärung diskutiert werden, nämlich, daß durch Zug oder Dehnung ein Herauspressen der Luft aus dem Haar erfolgt.

3.4. Punktförmige Lufteinschlüsse

Die punktförmigen Lufteinschlüsse fanden sich ausschließlich in der äußersten Haarschicht, und zwar sowohl im Wurzelteil des Haares als auch in der Haarmitte und in der Haarspitze.

Die quantitative Verteilung dieser punktförmigen Lufteinschlüsse auf die drei besagten Haarstellen ließ keine Regelmäßigkeit erkennen. Es stellt sich die Frage, worum es sich bei diesen Strukturen in der äußersten Haarschicht handelt, und ob sie mit den spaltförmigen Lufteinschlüssen in der Rinde in Verbindung steht. Auch hier sollen wiederum die Angaben der Literatur herangezogen werden. Mueller (1953) lokalisiert im Übermikroskop Poren zwischen den Culticulaschuppen. Bei Untersuchungen über die Wege der relativen Luftfeuchte im Haar kann Lochte (1948) das Eindringen von Wasser von der Obfläche aus als hellere Streifen unter dem Mikroskop verfolgen. Diese hellen Streifen könnten feinste Bahnen oder Poren darstellen, über die die Luft von außen in die Spalten der Rinde und die Marksubstanz eindringen können. Diese Vermutung wird bestätigt durch weitere Untersuchungen Lochtes (1949) an erhitzten Haaren, wobei er u.a. Poren beobachtet und von ihnen ausgehend Luftspalten in ganzer Länge. Lehmann (1941) spricht von einer Haut oder Membran, die sich unter der Cuticulaschicht befindet, und deren Poren sich öffnen oder schließen, je nachdem ob saure oder alkalische Lösungen auf sie eingewirkt haben. Außerdem sieht er bei starker Vergrößerung und bei Dehnung des Haares um 40 % feine Gasbläschen am freien Rand der oberflächlichen Cuticulazellen hervorperlen. Dies würde als bedeuten, daß bei Dehnung des Haares Luft entweicht. Auf Grund der aufgeführten Literaturstellen kann angenommen werden, daß es sich bei den punktförmigen Lufteinschlüssen um Poren handelt, die sowohl mit den spaltförmigen Lufteinschlüssen der Haarrinde als auch mit der atmosphärischen Luft der Außenwelt in Verbindung stehen. Diese Annahme deckt sich mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit - die Anzahl der punktförmigen Lufteinschlüsse verringert sich nicht wie die der strichförmigen Lufteinschlüsse zur Spitze hin - insofern, als die Poren durch ihre Verbindung mit der Außenwelt ständig mit Luft gespeist werden können. Trotz der Schwierigkeit, die Ergebnisse oben

aufgeführter Arbeiten mit denen der hier vorliegenden Arbeit in Einklang zu bringen, soll an dieser Stelle noch einmal zusammenfassend folgende Aussage als Möglichkeit einer Übereinstimmung gemacht werden: Während des Haarwachstums und beim Durchbrechen des Haares nach außen bilden sich auf mechanischem Wege in der Rinde des Haares Spalten, in die atmosphärische Luft von außen eindringt. Es könnte somit möglich sein, daß Luft über die Poren zwischen den Cuticulaschuppen zu den Spalten der Haarrinde in Wurzelnähe vordringt und im Verlaufe eines Haares zur Spitze hin durch die Dehnung desselben auf demselben Wege wieder entweicht. Dies könnte eine Erklärung dafür sein, daß sich die Abnahme der spaltförmigen Lufteinschlüsse zur Spitze hin ganz besonders deutlich bei längeren Haaren zeigte; ein Haar ist einer umso stärkeren Dehnung ausgesetzt, je länger es ist.

3.5. Lufteinschlüsse und Ergrauen

Aus den Angaben der Literatur ist ersichtlich, daß viele Autoren wie Waldeyer, Höfer, Lochte und Müller das Ergrauen des Haares mit dem Auftreten von Lufteinschlüssen in Verbindung bringen. Hofer (1916) erklärt das Ergrauen damit, daß das vorhandene Pigment resorbiert werden könnte, und daß zugleich in Mark oder Rinde des Haares eine Ablagerung von Luftbläschen stattfinden könnte. Diese Vermutungen konnten durch unsere Untersuchungen nicht bestätigt werden. Es zeigt sich vielmehr kein Zusammenhang zwischen der Haarfarbe bzw. dem Alter und der Anzahl der Lufteinschlüsse. E. Pott (1976) gelangte in ihrer Untersuchung zu genau den gleichen Ergebnissen. Diese entgegengesetzten Beobachtungen könnten sich folgendermaßen erklären lassen: Die früheren Untersuchungen, die einen Zusammenhang zwischen Ergrauen und der Anzahl der Lufteinschlüsse erbrachten, wurden mit dem Lichtmikroskop durchgeführt. Nun ist es aber äußerst schwierig, im herkömmlichen Durchlicht die Pigmentkörner

von den Lufteinschlüssen zu unterscheiden. Bei grauen Haaren, die wenig oder gar nicht pigmentiert sind, ist die Unterscheidung eher möglich, und von daher mußte der Eindruck hervorgerufen worden sein, daß graue Haare vermehrt Lufteinschlüsse aufweisen. Die Betrachtung der Lufteinschlüsse im kurzwelligen UV-Licht erweist sich als vorteilhaft, da hier eine störende Darstellung des Pigments entfällt.

4. Zusammenfassung

Die Untersuchung auf Lufteinschlüsse in Haaren erfolgte an 100 Probranden im kurzwelligen UV-Licht. In einem Vorversuch wurden die Haare auf das Vorhandensein von Lufteinschlüssen untersucht. In einem Hauptversuch wurden die Lufteinschlüsse genauer betrachtet und ausgezählt. In einem sich anschließenden Blindversuch konnten die Befunde des Hauptversuchs bestätigt werden. Beobachtet wurden strichförmige Lufteinschlüsse in der Haarrinde und punktförmige Lufteinschlüsse in der äußersten Haarschicht. Die strichförmigen Lufteinschlüsse nahmen zur Spitze des Haares hin ab. Besonders deutlich war dies bei langen Haaren zu beobachten. Die Häufigkeit der punktförmigen Lufteinschlüsse war lageunabhängig.

Die spaltförmigen Lufteinschlüsse können durch mechanische Vorgänge und gleichzeitiges Eindringen von Luft in das Haar entstanden sein. Bei den punktförmigen Lufteinschlüssen kann es sich um Poren handeln, über die die Luft von außen zu den Spalten der Rinde gelangt. Durch Zug bzw. Dehnung des Haares könnte die Luft im Verlaufe des Haares zur Spitze hin allmählich wieder entweichen.

Die Zuordnung von aufgefundenen Haarspuren zu einem bestimmten Individuum durch Bestimmung der Häufigkeit der Luftein-schlüsse ist also nicht möglich. Es ließe sich eventuell von der Anzahl der strichförmigen Lufteinschlüsse auf die Länge des Haares schließen. Dies bedürfte jedoch weiterer genauer Untersuchungen.

..
..-f.=punkt-förmig
..

---f.=strichförmig

Tabelle II *)

1. Beispiel
Hauptversuch

Anzahl der Lufteinschlüsse

	Kopfmitte		Seite re.		Seite li		Schamhaare	
	..-f.	---f.	..-f.	---f.	..-f.	---f.	..-f.	---f.
1. Haar								
Wurzel	20	160	15	120	20	145	4	160
Mitte	5	-	25	-	20	-	6	130
Spitze	15	-	35	-	25	-	6	130
2. Haar								
Wurzel	20	140	30	85	12	100	10	30
Mitte	10	-	20	-	15	-	4	8
Spitze	35	-	20	-	70	-	10	20

Tabelle III

2. Beispiel
Hauptversuch

	Kopfmitte		Seite re.		Seite li		Schamhaare	
	..-f.	---f.	..-f.	---f.	..-f.	---f.	..-f.	---f.
1. Haar								
Wurzel	12	160	40	125	23	140	45	40
Mitte	12	100	23	4	16	30	50	55
Spitze	14	-	6	-	7	-	25	25
2. Haar								
Wurzel	13	130	18	105	13	85	35	60
Mitte	30	75	17	50	4	-	20	26
Spitze	17	5	15	-	-	-	18	25

*)(Legende) Untersuchungsergebnisse von jeweils zwei Haaren je einer Person nach Art (punktf. oder strichf.), Anzahl, Likalisation der Lufteinschlüsse im einzelnen Haar (Wurzel, Mitte, Spitze), und Lokalisation des Haares sel (Kopfmitte, Seite re, Seite li, Schamhaare).

..
..-f. = punktförmig
..

--
---f. = strichförmig
--

Tabelle IV

1. Beispiel Blindversuch

	Kopfmitte .. ..-f. ..	Kopfmitte -- ---f. --	Seite re. .. ..-f. ..	Seite re. -- ---f. --	Seite li .. ..-f. ..	Seite li -- ---f. --	Schamhaare .. ..-f. ..	Schamhaare -- ---f. --
1. Haar								
Wurzel	13	75	26	55	14	55	6	10
Mitte	8	-	12	-	12	-	2	-
Spitze	110	-	24	-	20	-	6	-
2. Haar								
Wurzel	30	55	40	75	30	55	28	-
Mitte	10	-	16	-	37	-	65	-
Spitze	60	-	125	-	75	-	25	-

Tabelle V

2. Beispiel Blindversuch

	Kopfmitte .. ..-f. ..	Kopfmitte -- ---f. --	Seite re .. ..-f. ..	Seite re -- ---f. --	Seite li .. ..-f. ..	Seite li -- ---f. --	Schamhaare .. ..-f. ..	Schamhaare -- ---f. --
1. Haar								
Wurzel	18	150	14	20	50	135	27	6
Mitte	22	45	24	10	8	55	9	-
Spitze	30	30	3	4	9	100	3	-
2. Haar								
Wurzel	12	95	10	115	25	12	12	70
Mitte	12	70	9	4	7	10	12	-
Spitze	30	55	10	15	4	-	1	-

LITERATURVERZEICHNIS

Bargmann, W.: Histologie und mikroskpische Anatomie des Menschen.
3. Auflage Stuttgart, Thieme 1959

Berg, S.: Beiträge zur Gewinnung und Bewertung von Befunden in der forensischen Haaruntersuchung
Dtsch. Z. Ges. Gerichtl. Med. 46, S. 531-545 (1957 b)

Berg, S.: Der Identifizierungswert des menschlichen Haares
Arch. Kriminol. 159 (1976)

Bloch, Punkus/ Spaltholz: Anatomie der Haut. J. Jadassohn Handbuch der Haupt- und Geschlechtskrankheiten I/1
Berlin, Springer 1927

Boller, W.: Vorschlag einer neuen forensischen Haaruntersuchungsmethode. Die Mikrofluoreszenz von Haaren
Arch. Kriminol. 100, S. 8-14, 207-210, 264-275 (1937)

Bongards: Feuchtigkeitsmessung
München und Berlin, R. Oldenbourg, 1926

Bucher, O.: Cytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen
Med. Verlag Hans Hüber
Bern, Stuttgart, Wien

La Cavera, A.: Study of human and animal hair formations with the fluorescent antibody method.
Medicina legale e delle assicurazioni (Genova) 15, S. 125-129 (1967)
referiert von Terfloth, H.P. Dtsch. Z. Ges. Gerichtl. Med. 64, S. 52 (1958/1969)

Eggling, H./Hoepke, H./Kolmer,W.: Haut- und Sinnesorgane. Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen
Berlin, Springer 1927

Fleck, F./Fleck M.: Die Haarkrankheiten des Menschen, Berlin
Volk und Gesundheit, 1962

Fujiwara, K./Kojima, O.: Über die Technik der Herstellung der Querschnitte von Haaren. Dtsch. Z. Gerichtl. Med. 3, S. 264-267 (1924)

Harrison: Amer. Dyestupp Rep., Quaterly Res. 1938, No. 5, S. 393

Hirsch, F.: Das Haar des Menschen
Ulm, Haug 1956

Höfer, O.: Die Farbe des Menschlichen Haares in forensischer Beziehung.
Arch. Kriminol., 66, S. 1-28 (1916)

von Hoffmann, E.R.: Handbuch der mkroskopischen Anatomie des Menschen III/3
Berlin, Springer 1957

Klincke, K.: Pigmentstudium im Anschluß an einen Fall von Ringelhaar
Biochem. Zeitschr. Bd. 160 H. 1/3

Kockel. H.: Die Mikrotechnik bei Haaruntersuchungen
Dtsch. Z. Ges. Gerichtl. Med. 6, S. 381-383 (1926)

Kölliker, A.: Handbuch der Gewebelehre des Menschen
4. Auflage
Leipzig, Engelmann 1863

Kosugi/Toraichi/Kim/Y.S.: Zur Pathohistologie der Glatze der Kopfhaut und des Ergrauens der Kopfhaare. referiert von Weinig, e. Dtsch. Z. Ges. Gerichtl. Med. 29, S. 532-533 (1938)

Kratter, J.: Lehrbuch der gerichtlichen Medizin
2. Auflage
Band I Stuttgart, Enke 1921
Band II Stuttgart, Enke 1919

Lehmann, E.: Dehnungserscheinungen am Menschenhaar
Melliand Textilberichte 22, S. 453-456 (1941 a)

Lochte, Th.: Atlas der menschlichen und tierischen Haare
Leipzig, Schöps 1938

Lochte, Th.: Über die Untersuchungsergebnisse an durchrissenen Haaren und über ein sichtbares und meßbares Bewegungsphänomen bei Quellung überdehnter Haare in Wasser
Dtsch. Z. Ges. Gerichtl. Med. 33, S. 204-215 (1940 a)

Lochte,Th./Brauckhoff, H.: Über erhitzte Haare in gerichtsmedizinischer Beziehung
Dtsch. Z. Ges. Gerichtl. Med. 39, S. 1-13 (1948)

Lochte, Th./Brauckhoff H.: Untersuchungen über die Wege der relativen Luftfeuchte im Haar und über den Nachweis des Wassers im menschlichen Kopfhaar
Dtsch. Z. Ges. Gerichtl. Med. 39, S. 364-377 (1949)

Lochte, Th.: Grundriß der Entwicklung des menschlichen Haares
Beiträge zur Haupt-, Haar- und Fellkunde, Bd. 5
Frankfurt, Schöps 1951

Mayer, J.K.: Studien über die Haarfarbe
München med. Wochenschr. Band 71 (1898)

Mueller, B.: Gerichtliche Medizin
Berlin, Göttingen, Heidelberg, Springer 1953

Perksons, A.K.: Application of radio-activation analysis in forensic investigations
J. Forensic Sci. 7, S. 449-464 (1962)

Ponsold, A.: Lehrbuch der gerichtlichen Medizin
3. Auflage Stuttgart, Thieme 1967

Pott, E.: Untersuchung menschlicher Kopfhaare im Durchlicht, Auflicht-Fluoreszenslicht und im kurzwelligen UV-Licht
Diss. Bonn 1976

Reumuth, H.: Beiträge zur Histologie und Pathologie der Wollfaser
Melliand Tectilber.
Diss., Aachen 1937

Sauer, M.: Die Bedeutung der Oberhautzeichnung für die Unterscheidung von Haaren verschiedener Herkunft und eine Förbung zur Darstellung dieser Zeichnung
Dtsch. Z. Ges. Gerichtl. Med. 1, S. 679-685 (1922)

Schneider, V.: Über die Untersuchung von Haaren mit dem Rasterelektronenmikroskop
Z. Rechtsmed. 71, S. 64-103 (1972)

Stieda, L.: Untersuchungen über das Haar des Menschen
Anatom. Hefte, Band 40

Schröder, A.: Ist die Unterscheidung von Menschen- und Tierhaaren durch Untersuchung der Cuticula möglich?
Dtsch. Z. Ges. Gerichtl. Med. 15, S. 127-148 (1930)

Schwarzacher, W.: Über die Grundlage der vergleichenden Haaruntersuchung
Arch. Kriminol. 113, S. 11-24 (1943)

Waldeyer, W.: Atlas der menschlichen und tierischen Haare
Lahr, Schauenburg 1884

Ich möchte meinem Doktorvater, Prof. Dr. med. E. Schwinger, für die Anleitung und Kontrolle sowie für seine Hilfe und Unterstützung herzlich danken.

LEBENSLAUF

3. 2. 1952	geboren in Melsungen, Hessen, Deutschland
Vater	Dr. med. Heinrich Dey
Mutter	Margarete Dey, geb. Westhoff
1958–1962	Grundschule, Volksschule Lispenhausen/Rothenburg, Fulda
1962–1964	Gymnasium Jakob-Grimm-Schule Rothenburg, Fulda
1964–1970	Gymnasium Luisenschule Mülheim/Ruhr
Juni 1970	Abitur
Winter 1971/72	Studienbeginn Studium der Medizin an der Georg-August-Universität in Göttingen
Oktober 1974	Physikum
August 1975	1. Teil des Staatsexamens Studium der Medizin
Winter 1975/76	Studium der Medizin an der Universität Wien
1976–1979	Studium der Medizin an der Friedrich-Wilhelm-Universität, Bonn
März 1978	2. Teil des Staatsexamens Studium der Medizin
April 1978 bis Februar 1979	Praktisches Jahr des Studiums der Medizin im Malteserkrankenhaus Bonn
April 1979	3. Teil des Staatsexamens Studium der Medizin